

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2540939号

(45)発行日 平成 8 年(1996)10月 9 日

(24)登録日 平成 8 年(1996) 7 月25日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/083

H 0 1 L 41/08

S

請求項の数 1 (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平1-94814

(22)出願日 平成 1 年(1989) 4 月14日

(65)公開番号 特開平2-272781

(43)公開日 平成 2 年(1990)11月 7 日

(73)特許権者 999999999

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

(72)発明者 鎌滝 裕輝

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

富士電機株式会社内

(72)発明者 松本 徳勝

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

富士電機株式会社内

(72)発明者 河村 幸則

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

富士電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 山口 巖

審査官 岡 和久

(56)参考文献 特開 昭56-152287 (J P, A)

(54)【発明の名称】 積層形圧電アクチュエータ素子

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 積層された複数個の薄板状の圧電セラミックス体と、これらの圧電セラミックス体の間に、各圧電セラミックス体の主表面の全面に密接して埋め込まれた複数個の内部電極層と、これら内部電極層に交互に異なる極性の圧電を印加する外部電極とを備えた積層形圧電アクチュエータ素子であって、結晶粒径が $2 \sim 4.5 \mu\text{m}$ に仕上げられた圧電セラミックス体を用いたことを特徴とする積層形圧電アクチュエータ素子

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

本発明は各種メカトロニクス機器に用いられる積層形圧電アクチュエータ素子に関する。

〔従来の技術〕

近年メカトロニクス機器が急速に発展し、これに伴い

2

例えばロボットなどを駆動し、微小な変位や発生力を利用した制御装置として用いられる圧電アクチュエータの開発も盛んである。とくに厚さ方向に分極された圧電セラミックスをその分極方向が互いに対向するようにスタックとして積み重ね、圧電セラミックスの電界誘起歪を発生させる積層形圧電アクチュエータ素子は、小さな電圧によって大きな変位を得ることができるのでその有用性が注目されている。

第 4 図は積層形圧電アクチュエータ素子の構造を示す模式図であり、第 4 図 (a) は平面図、第 4 図 (b) は第 4 図 (a) の A-A' 断面を表わす図である。第 4 図 (a), (b) のように積層形圧電アクチュエータ素子 1 の構造は、圧電セラミックス体 2 の内部に内部電極層 3 が多数埋め込まれており、各内部電極層 3 間の接続は 1 層おきに側端部に絶縁層 4 を介在させて、その上から

外部電極 5 を設けることにより、外部で電氣的に並列に接続している。

この積層形圧電アクチュエータ素子の製造は概ね次のようにして行なわれる。高い圧電歪定数 (d_{33}) を有する PbTiO_3 — PbZrO_3 — $\text{Pb}(\text{Ni}, \text{Nb})\text{O}_3$ もしくは PbTiO_3 — PbZrO_3 — $\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Ni})\text{O}_3$ 系の圧電セラミックスの原料粉末を成形、焼成、研磨などの過程によって厚さ 0.5mm 程度の薄板状の圧電セラミックス体 2 とし、この圧電セラミックス体 2 に内部電極層 3 の銀ペーストを塗布して積層し、この積層体の側端部に交互に一層置きにスリットを穿削した後、そのスリット内に絶縁層 4 を形成し、その後外部電極 5 をとりつけることにより第 4 図に示した積層形圧電アクチュエータ素子 1 を得ることができる。

このようにして得られる積層形圧電アクチュエータ素子 1 の諸特性例えば変位量や発生力を向上させるためには、製造条件を設定するに当たって最も好ましい条件を採用するように行なわれるのが普通である。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、良好な特性を有する圧電アクチュエータ素子を得るために好ましい製造条件を見出すには、数多くの条件の中からこれらの組み合わせを適確に行なわなければならない、このことは実施上かなり複雑な要因を含むことから、圧電アクチュエータ素子についてさらに効率よく特性評価を行なうことが可能な要件を定めることが望ましい。

所で一般にセラミックス焼結体は、焼結状態が同じであれば結晶粒径の小さい方が強度が高く、特性も良好であり、通常は微細な粒径の原料粉末を用いて焼成するのがよいとされている。そこで本発明者らは、圧電セラミックス体の場合、良好な特性を得るための効果的な要件として結晶粒径の大きさに着目し、結晶粒径と圧電特性との関係を求め、結晶粒径によって圧電セラミックスの特性評価を行なうのが有効であるとの観点から、結晶粒径を小さくしたとき、圧電特性がどのように変るかを実験的に知ることとした。

本発明は上述の点に鑑みてなされたものであり、その目的は圧電セラミックス体の最適結晶粒径を設定し、良好な特性を有する積層形圧電アクチュエータ素子を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記課題を解決するために、本発明の積層形圧電アクチュエータ素子は、この素子を構成する圧電セラミックス体の結晶粒径を 2～4.5 μm の範囲に仕上げたものである。

〔作用〕

本発明では圧電セラミックス体の結晶粒径が 2～4.5 μm の範囲となるようにしたために、多くの製造条件のうち、焼成条件のみを制御すればよく、しかも最適結晶粒径範囲を決定することにより、圧電特性、機械的強度の良好な圧電セラミックス体を得ることができ、組み立

て後の積層形圧電アクチュエータ素子は、最大変位量、最大発生量ともすぐれた値を示し、信頼性も増すようになる。

〔実施例〕

以下本発明を実施例に基づき説明する。

本発明の積層形圧電アクチュエータ素子の作製は、前述した通常の方法を用いて行なったものであり、まず所定の混合比となるように PbTiO_3 、 PbZrO_3 、 $\text{Pb}(\text{Ni } 1/3, \text{Pb } 2/3)\text{O}_3$ の原材料をボールミルにより粉碎し、微細な粉末を得、これを焼成し 20mm ϕ 、厚さ 0.5mm に研磨して銀ペーストの内部電極層を形成した後、この圧電セラミックス体を 80 枚積層し、絶縁層と外部電極を設けて第 4 図に示した構造をもつ積層形圧電アクチュエータ素子を作製した。

以上の過程で本発明者らの着目した圧電セラミックス体の結晶粒径の大きさは、混合粉碎された原料微粉末の焼成温度と保持時間により決定されるので、焼成温度を 1050～1250℃、保持時間を 2～48 時間として、両者の組み合わせによる 24 条件の圧電セラミックス体を作製し、それらの結晶粒径を測定した。第 1 図は縦軸を焼成温度、横軸を保持時間とし、この両者の組み合わせに対応して得られる圧電セラミックス体の結晶粒径の大きさを示した関係図であり、各結晶粒径の範囲を区分する等高線を点線で記入してある。

かくして得られた圧電セラミックス体の結晶粒径と圧電特性の関係を示したのが第 2 図の線図である。第 2 図は縦軸を比誘電率 (ϵ/ϵ_0) および電気機械結合係数

(Kr)、横軸を結晶粒径として両者の関係をプロットした線図であり、曲線 (イ) は比誘電率 (ϵ/ϵ_0)、曲線 (ロ) は電気機械結合係数 (Kr) を表わしている。第 2 図から比誘電率 (ϵ/ϵ_0) が 5700 以上、電気機械結合係数 (Kr) が 0.55 以上の得られる圧電セラミックス体の結晶粒径は 2～4.5 μm の範囲にあることがわかる。

例えばより具体的には、再び第 1 図から焼成温度 1150℃、保持時間 24 時間の 3.35 μm の結晶粒径をもつ圧電セラミックス体、焼成温度 1175℃、保持時間 24 時間の 3.74 μm の結晶粒径をもつ圧電セラミックス体および焼成温度 1200℃、保持時間 10 時間の 3.92 μm の結晶粒径をもつ圧電セラミックス体について圧電特性を示すと第 1 表に示す結果が得られる。

第 1 表

| 焼成条件 | | 結晶粒径 (μm) | 比誘電率 (ϵ/ϵ_0) | 電気機械結合係数 (Kr) |
|-----------|--------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 温度 (℃) | 保持時間 (hr) | | | |
| 1150 | 24 | 3.35 | 6450 | 0.585 |
| 1175 | 24 | 3.74 | 6250 | 0.575 |
| 1200 | 10 | 3.92 | 6350 | 0.575 |

次に圧電セラミックス体の機械的強度を評価するため

に、ビツカース硬度計の荷重によって生ずる圧痕のクラック長から破壊じん性値 (K_{IC}) を求めた。第3図は縦軸を圧電セラミックス体の破壊じん性値 (K_{IC})、横軸を結晶粒計とし両者の関係を表わした線図であり、第3図から強度の点からも圧でセラミックス体の結晶粒径の大きさは、破壊じん性値 (K_{IC}) の極大附近で高い値を示す範囲が $2 \sim 4.5 \mu m$ であることがわかる。

以上第2図、第3図の線図によれば、圧電特性、機械的強度のいずれをも十分に満足する圧電セラミックス体の結晶粒径の大きさは $2 \mu m$ まで小さくすることはできるが、その上限の大きさは $4.5 \mu m$ にとどめるのが最適であり、焼成条件は第1図から焼成温度 $1050 \sim 1250^\circ C$ 、保持時間を $2 \sim 50$ 時間とする両者の組み合わせから得られる。

そこで上に述べた $3.35 \mu m, 3.74 \mu m, 3.92 \mu m$ の各結晶粒径をもつ圧電セラミックス体について、それぞれ厚さ $0.5 mm$ 、直径 $20 mm \phi$ のもの80枚を積層して積層形圧電アクチュエータ素子を作製し、素子特性を求めた結果、直流電圧を $400V$ 印加し最大変位量 $40 \sim 50 \mu m$ 、最大発生力 $800 \sim 1000 Kg$ を得ることができた。これらの値は従来素子に

対してほぼ2倍に相当するものである。
このように本発明の積層形圧電アクチュエータ素子は、これを構成する圧電セラミックス体の結晶粒径の最適範囲を定めることにより、特性値を著しく高めることができる。

*

* [発明の効果]

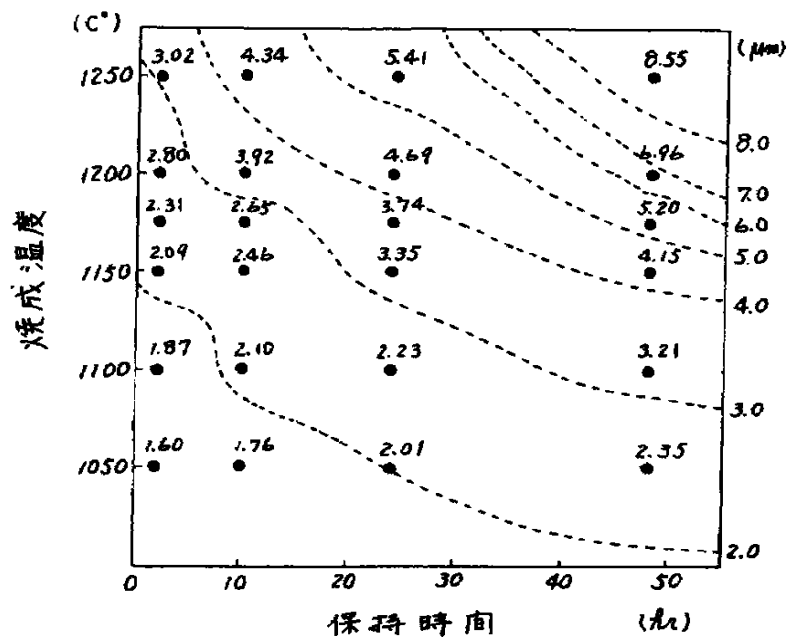
積層形圧電アクチュエータ素子の特性を向上させるために、従来多くの製造条件のうちからそれらの組み合わせにより行なってきたが、本発明では実施例で述べたごとく、圧電セラミックス体の結晶粒径の大きさを制御して最適粒径範囲とすることにより、良好な圧電特性と機械的特性を付与し、これらの圧電セラミックス体を積層した素子の圧電特性に反映させて、高い最大変位量と最大発生力を有し、耐久性にすぐれ信頼性の大きい積層形圧電アクチュエータ素子を得ることを可能としたものである。しかも圧電セラミックス体の結晶粒径の最適範囲を決定するのは、焼成条件のみに依存し、焼成温度と保持時間との相互関係により決定することができるので、製造工程の管理が極めて容易であり効率も高い。

【図面の簡単な説明】

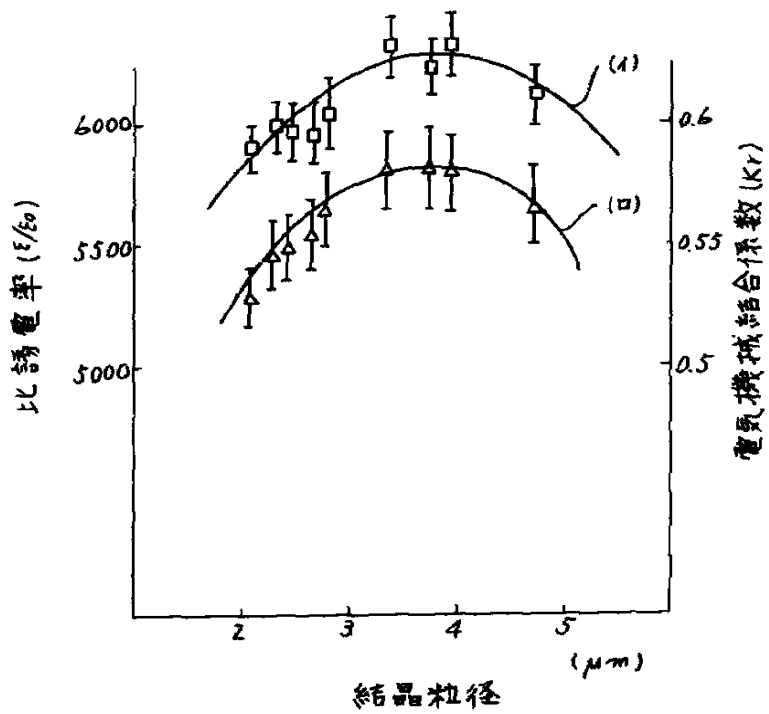
第1図は圧電セラミックス体の結晶粒径をパラメータとする焼成温度と保持時間の関係図、第2図は圧電セラミックス体の比誘電率、電気機械結合係数と結晶粒径との関係線図、第3図は圧電セラミックス体の破壊じん性値と結晶粒径との関係線図、第4図(a)は積層形圧電アクチュエータ素子の構造を示す模式平面図、第4図(b)は同じく模式断面図である。

1……積層形圧電アクチュエータ素子、2……圧電セラミックス体、3……内部電極層、4……絶縁層、5……外部電極。

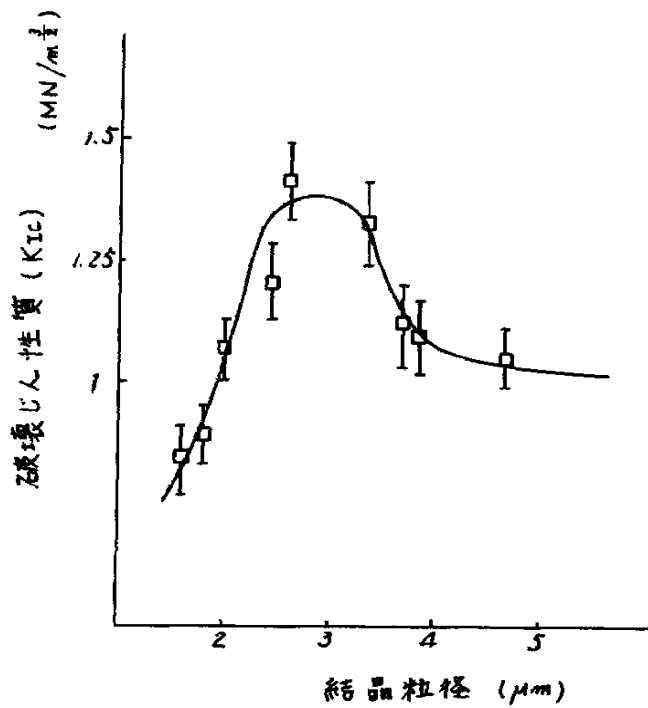
【第1図】



【第2図】



【第3図】



【第4図】

